10.

Nervenzellen und Nervenfasern.

Rede zur Eröffnung der fünften Versammlung der anatomischen Gesellschaft zu München 1891.

Von

Albert v. Kölliker.

Sonderabdruck aus dem „Biologischen Centralblatt".

Band XII. Nr. 2, ausgegeben am 30. Januar 1892.



Leipzig.

Verlag von Eduard Besold.



Sonderabdruck aus dem „Biologischen Centralblatt“.
Bd. XII. Nr. 2. 30. Januar 1892.



Nervenzellen und Nervenfasern.

Rede zur Eröffnung der fünften Versammlung der anatomischen Gesellschaft zu München 1891[1]).

Von **Albert v. Kölliker.**

Hochgeehrte Herren Kollegen!

Als ich vor 4 Jahren die Ehre hatte, die erste Sitzung der anatomischen Gesellschaft zu eröffnen, versuchte ich die *Ziele* derselben zu skizzieren und bezeichnete dieselben im *allgemeinen als Förderung der anatomischen Wissenschaften*. Unter diesem Namen verstand ich aber nicht etwa die *menschliche Anatomie allein*, obwohl wir dieselbe an die *Spitze unserer Bestrebungen* stellen, vielmehr war ich der Meinung, dass als *Aufgabe unserer Gesellschaft die Erforschung des ganzen morphologischen Gebietes* zu bezeichnen sei, oder mit anderen Worten die Förderung der *gröberen* und der *mikroskopischen Anatomie der gesamten Tierwelt*, sowie der *vergleichenden Entwicklungsgeschichte*. Dass wir mit dieser Auffassung das Richtige getroffen haben, beweisen am klarsten unsere bisherigen Zusammenkünfte, bei denen die große Mehrzahl der Vorträge diesem *vergleichenden Standpunkte* gerecht wurden. Neben diesen Disziplinen mussten wir aber auch von vornherein ein sehr großes Gewicht auf die *Physiologie* legen, die streng mit der Morphologie verbunden ist und mit ihr zusammen erst das *Gesamtgebiet der*

1) Mit Bewilligung des Herrn Verfassers abgedruckt aus den Verhandlungen der anatomischen Gesellschaft, 1891. Verlag v. G. Fischer in Jena.

Biologie darstellt, sowie ferner auf die pathologische Anatomie des Menschen und der Tiere und selbst auf die Pathologie, der die Anatomie so viele schöne Beobachtungen verdankt, wie vor allem in der Lehre von dem feineren Baue der nervösen Zentralorgane. Endlich ergaben sich auch die systematische Zoologie und die Botanik als für uns von Belang, wenn wir auch nicht in der Lage uns befanden, an der Förderung dieser Disziplinen einen größeren Anteil zu nehmen.

Die wenigen Jahre, die hinter uns liegen, haben die Erwartungen, die an unsere junge Gesellschaft sich knüpften, wie ich wohl sagen darf, glänzend gerechtfertigt, und mit jeder neuen Zusammenkunft zeigt sich immer mehr, dass der Gedanke, der zur Gründung derselben führte, ein glücklicher war. Die Zahl der Mitglieder ist von 100 nach und nach auf 250 gestiegen, und als besonders erfreulich verzeichnen wir einmal, dass eine Reihe Physiologen, pathologische Anatomen, praktische Mediziner und Zoologen sich uns anschlossen, sowie zweitens, dass auch eine große Anzahl nichtdeutscher Gelehrten unserer Gesellschaft beitraten, die wir in weiser Voraussicht nicht „deutsche“, sondern einfach „anatomische“ genannt hatten. Wenn Männer, deren Namen einen solchen Klang hat, wie diejenigen von E. van Beneden, Chievitz, Cunningham, Dekhuyzen, Fürst, van Gehuchten, Gedoelst, Golgi, Hoyer, Hubrecht, Kastschenko, Leboucq, Ramón y Cajal, G. Retzius, Romiti, van der Stricht, Turner u. a. an unseren Zusammenkünften sich beteiligten, wenn andere, wie Arnstein, van Bambeke, Éternod, Fraser, Guldberg, Hoffmann, Julin, Kowalewski, Lahousse, Minot, Paladino, Peroncito, Testut, Thane, Zaijer, Zahn, Zawarykin u. v. a. wenigstens als Mitglieder sich uns anschlossen, so verdient eine solche Gesellschaft schon nahezu als international bezeichnet zu werden, und wird unser weiteres Bestreben auch voll darauf gerichtet sein, die anatomischen Bestrebungen aller Nationen zu vereinen.

Trotz dieser glücklichen Anfänge und vielen Lichtes fehlen doch auch dunkle Punkte nicht. Ein solcher, den ich schon vor 4 Jahren berührte, ist die große Zersplitterung der anatomischen Litteratur. Ich habe damals mir erlaubt, den Wunsch auszusprechen, es möchten alle Morphologen sich verpflichten, ihre Beobachtungen nur in Einer der vier bekanntesten Sprachen zu veröffentlichen, und zugleich darauf aufmerksam gemacht, wie wünschbar es wäre, dass die anatomischen Abhandlungen nur in wenigen bestimmten Zeitschriften niedergelegt würden; es hat jedoch im Ganzen diese Mahnung vorläufig nur wenig gefruchtet. Ich erlaube mir daher dieselbe zu wiederholen und im Einzelnen folgende bestimmte Vorschläge zu machen, durch deren Beachtung die größten Uebelstände beseitigt werden könnten:

1) Jeder Autor, der in einer anderen Sprache als englisch, französisch, italienisch oder deutsch schreibt, fügt seiner Arbeit eine kurze Uebersicht in einer dieser Sprachen bei, wie dies jetzt schon in vielen Fällen geschieht.

2) Wäre es von großem Werte, wenn in jedem Lande eine Zeitschrift bestände, die es sich zur besonderen Aufgabe machte, von allen wichtigen Arbeiten, die nicht in Fachzeitschriften enthalten sind, möglichst rasch kurze Auszüge zu geben. Aehnlich dem Monitore zoologico italiano könnte auch bei uns, in England und Frankreich eine solche Zeitschrift gedeihen, und z. B. in Deutschland, wie Froriep vor kurzem andeutete, der „Anatomische Anzeiger" diese Rolle übernehmen. So würde vielen wichtigen, in Gesellschafts- und Zeitschriften vergrabenen und oft nur sehr spät bekannt werdenden Arbeiten ihr Recht werden und ihre Bedeutung gewahrt.

Bei Erwägung des eben Besprochenen wendet sich der Blick von selbst auch auf die älteren und neueren Versuche der Aufstellung einer Weltsprache, und möchte ich, ohne weiter in diese Frage einzugehen, meine Ansicht kurz dahin abgeben, dass alle Versuche, eine künstliche Sprache zu schaffen, möge dieselbe nun Volapük oder Nov Latin oder sonstwie heißen, zu keinem Ziele führen werden, da eine Sprache, wie ein Organismus, ihr eigenes selbständiges Werden und ihre gesetzmäßige weitere Entwicklung hat, die niemand nachzumachen im Stande ist. Abgesehen hiervon, würde übrigens eine solche Sprache keinem ersparen, mindestens 3 andere Sprachen noch dazu zu erlernen, so dass dieselbe nur Nachteile böte. Eine echte Weltsprache haben die Gebildeten im Mittelalter im Lateinischen besessen, und nur in dieser Weise wäre auch jetzt noch eine solche möglich, in welchem Falle vor allem an das Englische oder Französische zu denken wäre.

Ich schließe diese allgemeinen Betrachtungen mit einer kurzen Erwähnung der Leistungen unserer Nomenklaturkommission. Wie Sie wissen, wurde im vorigen Jahre, auf die von His gegebene Anregung hin, der Beschluss gefasst, eine einheitliche anatomische Namengebung anzubahnen und mit der menschlichen Anatomie zu beginnen. Die zu diesem Zwecke von der Gesellschaft ernannte Kommission von 9 Mitgliedern war so glücklich, zur Verwirklichung ihrer so schwierigen Aufgabe in Prof. W. Krause einen Kollegen zu finden, der mit umfassenden Kenntnissen auch den nötigen Eifer und wirkliche Liebe zur Sache mitbrachte, und so ist denn in diesem Jahre bereits die Muskellehre und ein Teil der Osteologie zur Beratung gekommen, und wird Ihnen das Ergebnis binnen kurzem vorgelegt werden können. Die nötigen Geldmittel anlangend, gelang es den Herren Waldeyer, Ludwig, His, Toldt, Mihalkovics und Kupffer, von der Akademie in Berlin 1500 M. als I. Rate, von

der Sächsischen Akademie 500 M. als I. Rate, von der Wiener Akademie 530 M. 97 Pf., von der Ungarischen Akademie 520 M. 50 Pf. und vom K. bayr. Staatsministerium des Kultus durch die bayr. Akad. d. Wissenschaften 1500 M. und vom K. öst. Staatsministerium des Unterrichts 600 fl. zu erlangen, für welche werkthätige Unterstützung ich im Namen der Gesellschaft den genannten h. Staatsbehörden und Gesellschaften unsern besten Dank ausspreche. Hoffen wir, dass auch fernerhin unserem wichtigen Unternehmen die nötige Unterstützung nicht mangeln werde, um so mehr, als dasselbe wohl mit der Zeit zu einem internationalen sich gestalten dürfte, da in allen Ländern das Bedürfnis nach einheitlichen und verbesserten Benennungen sich geltend macht. So haben amerikanische Gelehrte im letzten Jahre einen Versuch zur Verbesserung einiger Teile der anatomischen Nomenklatur unternommen, und hoffen wir, dass dieselben unserer Einladung zu gemeinsamer Arbeit entgegenkommen werden. Sollte es gelingen, wenigstens die lateinischen Namen in den morphologischen Wissenschaften zu einem Gemeingute aller zu machen, so wäre hiermit offenbar ein großes Ziel erreicht.

Ich wende mich nun zur Hauptaufgabe meiner Eröffnungsrede unserer 5. Versammlung, für welche ich ein Thema gewählt habe, das gerade jetzt das Interesse der Anatomen nach den verschiedensten Seiten in Anspruch nimmt. Es ist dies die Schilderung des jetzigen Standes der Lehre von den Beziehungen der nervösen Elemente zu einander.

Wie allgemein bekannt, hat Golgi im letzten Decennium an der Hand besonderer Methoden eine neue Aera in diesem Gebiete inauguriert, als deren Hauptergebnisse sich herausstellten: 1) das Vorkommen eines feinen, dichten, durch die gesamte graue Substanz der Zentralorgane verbreiteten und zusammenhängenden Filzes von Nervenfasern und Ausläufern von Nervenzellen: 2) ein Entspringen der zentripetal leitenden Nervenfasern in diesem Filze; 3) ein vollständiges Uebergehen der nervösen Ausläufer gewisser Zellen in diesen Filz; 4) eine etwelche Beteiligung auch der zentrifugalen motorischen Fasern an der Bildung desselben und 5) ein Eingehen von Seitenästen aller Strangfasern des Markes und der höheren Teile in den genannten Filz. — Mit denselben Methoden stellten dann viele von Golgi's Landleuten, wie Magini, Fusari, Mondino, Martinotti, Sala u. a. und einige wenige andere Forscher, wie vor allem Nansen, Ramón y Cajal, M. v. Lenhossék, Retzius und ich selbst ausgedehntere Untersuchungen an, durch welche viele der Entdeckungen Golgi's bestätigt wurden, anderseits aber auch neue Thatsachen sich herausstellten. Besondere Beachtung verdienen unter diesen die von Ramón

und mir gemachten Beobachtungen: 1) dass alle in den Zentralorganen endenden Nervenfasern und Zellenfortsätze mit feinen Verästelungen auslaufen und nirgends anastomosieren, 2) dass die zentripetalen Wurzelfasern nicht in dem Nervenfilz entspringen, sondern in demselben enden, und 3) dass es zentripetal und zentrifugal leitende lange Bahnen, sogenannte Bahnen zweiter und höherer Ordnungen giebt, die nicht aus den Zentralorganen herausgehen. Sollten diese Erfahrungen sich bestätigen, so würden dieselben zu einer neuen Auffassung der Beziehungen der nervösen Elemente zu einander führen, die auf hypothetischer Basis bereits früher in His und Forel Vertreter gefunden hat.

Neben den Golgi'schen Methoden haben in unseren Tagen noch andere Untersuchungsweisen sich als sehr fruchtbringend erwiesen, von denen ich vor allem die Entwicklungsgeschichte betone, die in der Hand von His zu so überraschenden und wichtigen Ergebnissen geführt hat. Wir verdanken diesem unermüdlichen Forscher, neben vielen andern mehr morphologisch bedeutungsvollen Thatsachen, den Nachweis, wie die Fortsätze der Nervenzellen entstehen und weiter sich ausbilden, der namentlich bei den sensiblen Wurzelfasern zu dem wichtigen Funde führte, dass dieselben von den Zellen der Ganglien aus nach zwei Seiten sich entwickeln, an welchen dann die weitere Erkenntnis sich anschloss, dass weder im Gehirn noch im Mark sensible Ursprungskerne in der bisher angenommenen Weise vorkommen. Sehr belangreich waren ferner die Beobachtungen von Flechsig an mit Rotholz behandelten Golgi'schen Präparaten, durch die wir zuerst erfuhren, dass die Nebenäste der nervösen Fortsätze der Pyramidenzellen des Großhirns markhaltige Fasern sind und Ranvier'sche Einschnürungen besitzen. Endlich haben uns die letzten Jahre durch Ehrlich im Methylenblau ein Reagens geschenkt, das der Golgi'schen Silber- und Sublimatbehandlung ebenbürtig an die Seite sich stellt und in den Händen von Ehrlich selbst, von Dogiel, Arnstein, Smirnow, Biedermann und vor Allem in der eben erschienenen großartigen Arbeit von Gustav Retzius Ergebnisse zu Tage gefördert hat, die über das schwierige Gebiet der sympathischen Nervenzellen, sowie über das Nervensystem der Wirbellosen ungeahntes Licht verbreiten.

Ungeachtet aller Fortschritte, die diese neuen Untersuchungen im Zusammenhange mit vielen älteren wichtigen Arbeiten aus den Gebieten der feineren und gröberen Anatomie, der experimentellen Physiologie und Pathologie und der Pathologie selbst zu Tage gefördert haben, bleibt immer noch sehr vieles dunkel und unsicher und erlaube ich mir nun in Kürze den Versuch zu machen, das bereits Gewonnene von dem Zweifelhaften zu sondern und die der Zukunft erwachsenden Aufgaben festzustellen.

Die Hauptpunkte, die unser Interesse in Anspruch nehmen, sind: die Art und Weise, wie die Nervenfasern entspringen und wie dieselben in den Zentralorganen enden oder anders ausgedrückt: die Beziehungen der wesentlichen Elemente des Nervensystems zu einander.

Lösen wir diese Fragen in ihre Komponenten auf, so haben wir Folgendes zu erörtern:

1) Entspringen Nervenfasern nur von Zellen oder auch ohne direkte Beteiligung solcher?
2) Wie viele nervösen Fortsätze besitzen die Nervenzellen und sind die sogenannten Protoplasmafortsätze auch nervöse leitende Elemente?
3) Bilden die Fortsätze der Zellen oder die Nervenfasern irgendwo wirkliche Netze?
4) Wie kommt die Einwirkung der Elemente des Nervensystems aufeinander zustande und welches ist die Bedeutung der Zellen und der Fasern?

I.

Entspringen Nervenfasern nur von Zellen oder auch ohne direkte Beteiligung solcher.

Seitdem der unipolare Ursprung von Nervenfasern aus Nervenzellen im Jahr 1842 durch Helmholtz bei Wirbellosen und 1844 durch mich bei Wirbeltieren nachgewiesen wurde, hat die Frage nach den Ursprüngen der Nervenfasern manche Wandlungen durchgemacht. Während auf der einen Seite Robin, Wagner und Bidder in den Spinalganglien der Fische Zellen entdeckten, die an beiden Enden in Nervenfasern auslaufen, und Deiters nachwies, dass viele multipolare Zellen der Zentralorgane einen einzigen besonderen Fortsatz, den sogenannten Axenzylinderfortsatz, besitzen, der in eine markhaltige Faser übergeht, tauchte auf der anderen Seite die Lehre auf, dass Nervenfasern auch direkt, ohne Vermittlung von Zellen, aus einem Netzwerk entspringen, das in der grauen Substanz der Zentren von Ausläufern von Nervenzellen gebildet werde. Für die Wirbeltiere wurde diese Ansicht wohl zuerst 1870 von Gerlach und dann von Rindfleisch, von jedem in einer besonderen Weise, vertreten und fand später in Golgi und seinen Schülern warme Verteidiger, während bei den Wirbellosen viele Autoren ein solches Verhalten, neben direkten Ursprüngen von Zellen, annahmen, wie vor allem Walter, Solbrig, Bela Haller und Nansen, ja manche direkte Ursprünge gänzlich leugneten oder dieselben nur als Ausnahmen zugaben, wie Leydig und Hermann.

Unterwerfen wir diese Frage einer näheren Beleuchtung, so finden wir, dass bei Wirbeltieren allgemein zugegeben wird, dass die motorischen Fasern direkt von Zellen entspringen und dass es

nur die sensiblen Elemente sind, bei denen ein Ursprung aus einem Nervennetze oder Geflechte angenommen wird. Eine solche Aufstellung war auch einigermaßen begreiflich, da niemand den Ursprung einer sensiblen Wurzelfaser im Rückenmark oder einer psychosensorischen Faser im Gehirn von einer Nervenzelle beobachtet hatte. Immerhin hätten bei eingehender Erwägung aller Verhältnisse eine Reihe unzweifelhafter Thatsachen zeigen können, dass die Annahme eines indirekten Ursprunges sensibler Fasern doch auf sehr schwachen Füßen steht. Ich erinnere an die Opticusfasern, deren Ursprung von den Zellen des Ganglion nervi optici seit den Untersuchungen von Corti und mir, von Remak, H. Müller und Max Schultze feststeht, ferner an die Fasern des Nervus cochleae, deren Verbindung mit den bipolaren Zellen des Ganglion spirale cochleae Corti bereits im Jahre 1850 nachwies, endlich an die oben schon erwähnten Entdeckungen von Robin, R. Wagner und Bidder über die sensiblen Wurzelfasern der Fische und ihre Verbindung mit den bipolaren Zellen der Spinalganglien. Diese allbekannten alten Beobachtungen hätten wohl genügen sollen, um die Annahme eines Ursprunges sensibler Fasern ohne direkte Beteiligung von Zellen als wenig wahrscheinlich erscheinen zu lassen und in der That ist nun auch für die höheren Wirbeltiere durch die Entdeckung der Beziehungen der unipolaren Spinalganglienzellen zu den sensiblen Wurzelfasern durch Schramm, Ranvier (Tubes en T), Freud, Retzius, Lenhossék und vor allem von His die Lehre von dem Entspringen sensibler Fasern in einem zentralen Nervengeflechte so erschüttert worden, dass dieselbe alle Basis verloren hat. Hierzu kommen nun von neuesten Thatsachen noch folgende:

1) Von den sensiblen Wurzelfasern der Spinalnerven haben Ramón y Cajal und ich übereinstimmend nachgewiesen, dass dieselben teils direkt, teils mit ihren Ausläufern (den Collateralen) in der grauen Substanz des Markes mit feinen Verästelungen frei auslaufen. Ganz dasselbe Verhalten finde ich auch bei den sensiblen Kopfnerven (Vagus, Glossopharyngeus, Trigeminus, Acusticus) und kann somit bei allen sensiblen Cerebrospinalnerven von einem Ursprunge in einem Nervennetze keine Rede sein.

2) Ebenso wie die sensiblen Leitungsfasern erster Ordnung von Zellen der Spinalganglien entspringen, so verbinden sich auch diejenigen zweiter Ordnung mit Nervenzellen von Rückenmark und Gehirn, wie von mir und zum Teil bereits von Ramón nachgewiesen wurde. So entspringen die Fasern der Kleinhirnseitenstrangbahn vor allem von den Zellen der Clarke'schen Säulen, diejenigen der wahrscheinlich ebenfalls zentripetalleitenden Vorderstranggrundbündel und Vorderseitenstränge von bestimmten Zellen der grauen Substanz des Markes, ferner die Fasern der sogenannten oberen Pyramidenkreuzung von den Zellen der Kerne des F. gracilis et F. cuneatus.

Aehnliche Leitungsfasern II. Ordnung entwickeln sich nach meinen Erfahrungen auch von den Zellen der Endkerne des V., VIII., IX. und X. Paares.

3) Von den Olfaktoriusfasern haben Golgi und Ramón y Cajal einerseits gezeigt, dass dieselben in den Glomeruli des Bulbus olfactorius mit freien Endigungen auslaufen, während auf der andern Seite eine Reihe von Autoren mehr oder weniger bestimmt nachgewiesen hat, dass diese Fasern mit gewissen Zellen im Epithel der Regio olfactoria sich verbinden. Da nun diese Aufstellung durch die neuesten Untersuchungen von His, die lehren, dass die Olfaktoriusfasern vom Riechepithel aus gegen das Gehirn zu sich entwickeln, ihre volle Bestätigung gefunden haben, so lässt sich jetzt mit Sicherheit sagen, dass auch hier sensible Fasern mit Nervenzellen, den sogenannten Riechzellen in Verbindung stehen.

Außer diesen Elementen enthalten die Bulbi olfactorii nach Golgi und Ramón noch zentripetale Leitungsfasern II. Ordnung, die auch von Zellen entspringen und in den Tractus olfactorius übergehen und außerdem Traktusfasern, die im Bulbus enden und höchst wahrscheinlich im Gehirn von Zellen entspringen, deren Bedeutung noch unbekannt ist.

4) Auch die Netzhaut zeigt wie das Geruchsorgan mehrere Arten sensibler Fasern, die mit Zellen zusammenhängen. Ramón y Cajal hat nämlich für die Vögel nachgewiesen, dass während die im Ganglion nervi optici entspringenden Optikusfasern mit reichen Verästelungen im Lobus opticus frei ausgehen (Riv. trim. Aug. 1888, p. 17, Tab. V, Fig. 1. *t*), andere Fasern des Optikus in der Netzhaut selbst ihr Ende erreichen. Woher diese Fasern im Gehirn stammen, ist freilich bis anhin nicht mit Sicherheit bekannt, immerhin ist es als höchst wahrscheinlich zu bezeichnen, dass dieselben von den Zellen kommen, welche nach Ramón im Lobus opticus des Sperlings (Riv. trim. März 1889, p. 72, Tab. IX, *j*, *m*, *n*) ihre nervösen Ausläufer in den Optikus senden. Diese Darstellung, der zufolge im Optikus zweierlei Fasern vorkommen, die einerseits von Zellen der Netzhaut, anderseits von Gehirnzellen entspringen, findet in den neuesten Untersuchungen von His und Martin (Zeitschrift f. vergl. Augenheilkunde, Bd. VII) ihre volle Bestätigung und lehrt zugleich, dass sowohl die Annahmen von W. Müller über die zentripetale, als die früheren Behauptungen von His und mir über die zentrifugale erste Entwickelung der Optikusfasern ihre Berechtigung haben.

Fassen wir alles zusammen, so finden wir somit bei den beiden am genauesten untersuchten höheren Sinnesorganen folgende drei Arten sensibler Zellen und Fasern.

a) Sensible, den Reiz aufnehmende Zellen und sensible, von denselben entspringende Leitungsfasern I. Ordnung;

b) sensible Zellen II. Ordnung, die von den Enden der Fasern I. Ordnung erregt werden und ihrerseits wiederum durch sensible, von denselben entspringende Leitungsfasern II. Ordnung auf Zellen einwirken, die als Sitz der bewussten Empfindung anzusehen sind;

c) sensible Fasern I. Ordnung, die von Gehirnzellen entspringen und peripherisch frei auslaufen, Elemente, deren Bedeutung noch vollkommen dunkel ist.

5) Ursprünge sensibler Fasern von peripheren Zellen finden sich nun übrigens höchst wahrscheinlich noch bei einem andern Sinnesorgane, dem Geschmacksorgane, bei welchem in neuester Zeit Fusari und Panasci sich sehr entschieden für einen Zusammenhang der Geschmackszellen in den Geschmacksbechern mit Nervenenden ausgesprochen haben (Sulle termin. nerv. nella mucosa e nelle ghiandole sierose della lingua dei mammiferi, Torino 1890).

Ueberblicken wir die Gesamtheit der bei den Wirbeltieren ermittelten Thatsachen, so finden wir keinen einzigen, einer genaueren Beobachtung zugängigen Fall, in dem nicht ein Ursprung oder eine Verbindung sensibler Nervenfaser mit Zellen nachgewiesen wäre und kann ich nicht umhin, den von Golgi noch in seiner letzten Veröffentlichung (Anat. Anz. 1891, S. 389) festgehaltenen Satz, dass es auch einen indirekten Ursprung von Nervenfasern aus dem allgemeinen Nervennetze gebe, als nicht den Thatsachen entsprechend zu bezeichnen Die Verzweigungen der sensiblen Fasern, die Golgi als Ursprünge auffasst, stellen gerade umgekehrt Endigungen derselben dar und sind, wie das eben Dargelegte hinreichend lehrt, die Zellen, mit denen dieselben zusammenhängen, an vielen Orten mit Bestimmtheit aufgedeckt.

Verhalten sich bei den Wirbeltieren die Sachen in dieser Weise, so wird es höchst wahrscheinlich, dass auch die Wirbellosen demselben Gesetze folgen. In der That haben auch eine große Zahl von Beobachtern, wie Hannover, Owsjannikow, Buchholz, Stieda, Lang, Spengel, Claus, Freud, Rohr u. v. a. sich dahin ausgesprochen, dass auch bei diesen Geschöpfen keine Nervenfasern vorkommen, die nicht mit Zellen verbunden seien, eine Auffassung, die nun auch in der neuesten großartigen Arbeit von Gustav Retzius die kräftigste Stütze findet. Verglichen mit den positiven Beobachtungen dieses Forschers müssen, wie mir scheint, alle Angaben anderer Beobachter in den Hintergrund treten und als nicht hinreichend begründet erscheinen. Stellt man die Abbildungen von Retzius, der keine mit Zellen nicht zusammenhängenden Fasern gefunden hat, denen anderer neuerer Forscher, die solche zeichnen, an die Seite, so ergibt sich, dass alles auf die mit mehr oder weniger Erfolg gelungene Darstellung der Zellen und ihrer Ausläufer ankommt. Retzius ist es geglückt, wenn auch nicht alle, doch die Mehrzahl

der Zellen und ihrer Ausläufer durch Methylenblau zu färben: gelingt dies nicht, färben sich namentlich die kleineren Zellen gar nicht oder nur unvollkommen, so entsteht eben der Anschein eines freien Auslaufens von Nervenfasern in dem Filz der Zentralmasse der Ganglien in der sogenannten Punktsubstanz, der so viele gute Beobachter getäuscht hat. Wir dürfen daher wohl für einmal sagen, dass auch die Wirbellosen keine Ausnahme bilden und die erste Frage dahin beantworten, dass nirgends ein Ursprung von Nervenfasern ohne direkte Beteiligung von Zellen beobachtet ist.

II.

Eine weitere wichtige Frage ist die: Wie viele nervöse Fortsätze besitzen die Nervenzellen und sind die sogenannten Protoplasmafortsätze auch an den nervösen Funktionen unmittelbar beteiligte, leitende Elemente.

Wie oben schon geschildert wurde, lehrten die ersten Beobachtungen an Ganglienzellen nur einen Nervenfaserfortsatz kennen, während später auch bipolare Zellen mit zwei solchen Fortsätzen bekannt wurden. Nachdem dann durch Deiters die in der Einzahl vorhandenen Axenzylinderfortsätze der multipolaren Zellen der großen Zentralorgane aufgefunden worden waren, traten die bipolaren Zellen in den Hintergrund und gewann es den Anschein, als ob, wenn auch nicht überall, doch weitaus vorwiegend die Nervenzellen nur einen nervösen Fortsatz besäßen. Vor allem bestimmend erwiesen sich in dieser Frage einmal die ausgedehnten Untersuchungen von Golgi, durch welche nicht nur im Marke, sondern im ganzen zentralen Nervensysteme überall das Einzelvorkommen der nervösen Fortsätze nachgewiesen wurde, zweitens die Beobachtungen an Wirbellosen, bei denen unipolare Zellen als die verbreitetsten Elemente sich ergaben, endlich drittens die Erfahrungen von His, die lehrten, dass embryonale Nervenzellen der verschiedensten Oertlichkeiten in erster Linie immer und ohne Ausnahme einen einzigen Fortsatz treiben, welcher der spätere Axenzylinderfortsatz ist.

Erwog man weiter, dass bei den bipolaren, mit zwei markhaltigen Fasern verbundenen Zellen doch kaum von einem Ursprunge von zwei Nervenfasern von einer Zelle gesprochen werden kann, da ja die beiden Fasern zentripetal leiten und funktionell nur eine Faser darstellen, die durch eine Nervenzelle unterbrochen wird, so schien bis vor kurzem der Satz gerechtfertigt, dass alle Nervenzellen funktionell nur einen einzigen nervösen Fortsatz besitzen, wenn auch im oben erwähnten Falle mit Bezug auf die Entwicklung von zwei solchen gesprochen werden darf.

Nun tauchen aber in neuester Zeit sehr merkwürdige Beobachtungen von Ramón y Cajal auf (Gaz. med. Catalana, 15. Dez. 1890, p. 23). Derselbe fand in der äußersten Rindenlage des Kaninchen-

großhirns größere bipolare und dreieckige Nervenzellen mit horizontal gerichteten Protoplasmafortsätzen, von denen wenigstens zwei nervöse Fortsätze ausgingen, die sich verästelnd auf weite Strecken in sagittaler Richtung mitten unter den oberflächlichen Fasern verliefen und wahrscheinlich frei endeten. Besonders auffallend sind unter diesen Zellen die bipolaren, deren beide protoplasmatische Ausläufer, nach längerem Verlaufe und nach Abgabe von Aesten, an ihren Enden je in einen protoplasmatischen und in einen nervösen Fortsatz sich teilen. Bei den dreieckigen Zellen ferner wurden protoplasmatische Ausläufer beobachtet, die an zwei verschiedenen Stellen nervöse Fortsätze abgaben.

Weitere Schlüsse aus diesen vorläufig einzig dastehenden Beobachtungen zu ziehen, wäre offenbar verfrüht, immerhin wird es erlaubt sein zu sagen, dass in dieser Frage das letzte Wort noch nicht gesprochen ist, umsomehr als auch die Bedeutung der protoplasmatischen Fortsätze der multipolaren Nervenzellen nichts weniger als feststeht.

Halten wir uns für einmal an die großen Zentralorgane, so ist bekannt, dass diese Fortsätze, die ich mit His als Dendriten bezeiche, früher allgemein als nervös angesehen wurden, bis Golgi auf eine Reihe neuer Erfahrungen gestützt, dieselben als einen ernährenden, Säfte zuleitenden Apparat bezeichnete und ihnen jede andere Funktion absprach. Diese Ansicht hat bis jetzt im ganzen wenig Beachtung gefunden und ist eigentlich nur von Ramón y Cajal und mir einer näheren Würdigung unterzogen. Ich selbst stellte in meiner Arbeit über das Rückenmark das Pro und Contra zusammen und enthielt mich für einmal einer bestimmten Entscheidung, während Ramón in mehreren Besprechungen[1]) sich ganz entschieden für die nervöse Bedeutung der Dendriten aussprach. Ohne ausführlicheres Eingehen auf diese Streitfrage haben sich dann Gad, Martinotti, Nansen und Sala auf Golgi's Seite gestellt, während His einigen kurzen Aeußerungen zufolge der alten Ansicht zugethan ist.

Wenn ich jetzt wiederum auf die Bedeutung der Dendriten eingehe, so liegt der Grund darin, dass neue Beobachtungen eigener Art eine Entscheidung im Sinne der alten Annahmen herbeizuführen scheinen. Es sind dies die Untersuchungen Ramón y Cajal's über den Bulbus olfactorius der Säuger und seines Bruders Pedro über denjenigen der Vögel und Reptilien (Gaceta Sanitaria di Barcelona 1890, Nr. 1, pag. 13), durch welche die eigentümlichen Beziehungen der Zellen der unteren Molekularlage und der Ganglienzellenschicht von Schwalbe zu den Glomeruli olfactorii dargelegt wurden. Diese Zellen alle, die Ramón „Federbuschzellen" (Cellulas empenachadas inferiores, medias et superiores s. mitrales) nennt, ver-

1) La medicina práctica, Madrid 1889, Nr. 88 und Anat. Anzeiger, 1890, Nr. 20, S. 586.

zweigen sich auf und in den Glomeruli mit reich verästelten Dendritenbüscheln, während von denselben Zellen hirnwärts echte nervöse Fortsätze in den Tractus olfactorius übergehen. Da nun zugleich in den Glomeruli auch die von der Mucosa herkommende Fila olfactoria mit zahlreichen Verästelungen enden, so scheint hier eine Uebertragung von Nervenfasern auf Dendriten stattzufinden. Es ist jedoch zu beachten, dass nach den älteren Untersuchungen von Golgi noch andere Möglichkeiten vorliegen. Dieser Gelehrte, der schon im Jahre 1875 in einer schönen Arbeit (Sulla fina struttura dei Bulbi olfattorii, Reggio Emilia 1875) die Endigungen der Fila olfactoria und die Verzweigungen der Dendriten von Ramón's Buschzellen in den Glomeruli beschrieben und abgebildet hat, lässt auch nervöse Fortsätze der kleinsten Buschzellen und Ausläufer von Fasern des Tractus olfactorius in die Glomeruli eingehen! und würden, wenn dem so wäre, Uebertragungen von den Fila olfactoria zum Cerebrum durch diese Elemente vermittelt werden können. Nichtsdestoweniger verdienen die so bestimmten Behauptungen Ramón's (pag. 3), dass er in Hunderten von guten und beweisenden Präparaten nie andere Elemente in die Glomeruli habe eindringen sehen, als die Enden der Fila olfactoria und die genannten Dendriten, für einmal alles Zutrauen, umsomehr als die ganz eigentümlichen Beziehungen der Dendriten zu den Glomeruli die Annahme nahezu unabweisbar machen, dass hier Beziehungen beider Teile zu einander sich vorfinden.

Für eine Beteiligung der Dendriten an den nervösen Funktionen sprechen ferner folgende Thatsachen:

Einmal das Vorkommen von Ursprüngen nervöser Fortsätze aus Dendriten.

Dass Axenzylinderfortsätze in manchen Fällen nicht von den Zellenkörpern selbst, sondern in einer gewissen Entfernung von denselben aus Dendritenstämmen hervorgehen, haben bereits Golgi und andere Neuere beobachtet, dagegen ist erst in neuester Zeit durch Ramón bekannt geworden, dass solche auch in großer Entfernung vom Zellenkörper aus Dendritenästen sich abzweigen (man vergl. die Arbeit über den Lobus opticus der Vögel, Taf. IX, die Zellen *j* und *o*), ja selbst, wie schon oben erwähnt wurde, aus Enden solcher Fortsätze durch Teilung derselben in einen nervösen und in einen Protoplasmafortsatz hervorgehen können. In solchen Fällen kann man doch unmöglich etwas anderes annehmen, als dass die nervöse Leitung auch durch die Dendritenstämme geht. Außerdem bemerke ich noch, dass auch Nansen bei Myxine Aeste von Dendriten beobachtet hat, die durch ihren eigentümlichen Verlauf ganz an nervöse Fortsätze erinnerten, so dass er die Frage aufwirft, ob es gemischte, nervös-protoplasmatische Ausläufer von Zellen gebe (Bergen's Museum Aarsberetning for 1886, p. 156).

Weiter erwähne ich das Vorkommen von Nervenzellen, die nur Dendriten und gar keine nervösen Fortsäte besitzen, wie Ramón dies von den Zellen der Körnerschicht des Bulbus olfactorius behauptet. Auch Golgi, der die fraglichen Zellen mit den kleinen Pyramidenzellen des Cerebrum vergleicht, war nicht im Stande. an denselben mit Sicherheit einen nervösen Fortsatz zu finden.

Möglicherweise kommen noch an anderen Orten bei Wirbeltieren solche Elemente vor und erwähne ich hier nur folgendes:

1) Dogiel beschreibt in der Netzhaut auf Grund der Färbung in Methylenblau eine Kategorie von Nervenzellen, die keine nervösen Fortsätze besitzen (Anat. Anz., 1888, S. 143), Elemente, die jedoch von Ramón zur Neuroglia gestellt werden.

2) verdienen Beachtung die peripherischen, multipolaren. in der Zungenmucosa von Fusari und Panasci beschriebenen Zellen (l. s. c., Fig. 2, 3, 4), die zahlreiche verästelte Ausläufer in das Epithel und einen Fortsatz nach dem Zentrum entsenden, von denen die ersteren kaum anders, denn als kurze, sensible Nervenfasern angesehen werden können.

Endlich kann 3) als besonders wichtig hervorgehoben werden, dass bei Wirbeltieren und bei Wirbellosen multipolare Nervenzellen sich finden, die keine Unterschiede ihrer verschiedenen Ausläufer zeigen.

Bei Wirbeltieren gehören hierher viele Zellen des Sympathicus des Menschen und der Säuger, an denen bis anhin noch von niemand Axenzylinderfortsätze mit Sicherheit beobachtet wurden, während viele Forscher und vor allen Axel Key und Retzius denselben nur gleichartige blasse Ausläufer zuschreiben. Auch ich habe an diesen Zellen bei Versilberung derselben nur Einerlei verästelte Ausläufer gefunden, die ich alle für marklose Nervenfasern halte.

Im Nervensysteme der Wirbellosen sind multipolare Zellen selten. Wo dieselben aber vorkommen, zeigen sie Verhältnisse, die gegen das Vorkommen von zweierlei Fortsätzen sprechen. Zwar besitzen die betreffenden Zellen neben feineren verzweigten Ausläufern einen stärkeren Fortsatz. Allein dieser stärkere Fortsatz gibt ebenfalls, wie Retzius nachweist, feinere Verzweigungen ab und ist kein Grund vorhanden, die einen dieser Aestchen für nervös zu halten und die anderen nicht (s. Retzius, Taf. XIII und X).

So scheint, wie die Sachen jetzt liegen, die Wagschale zu Gunsten der nervösen Natur der Dendriten sich zu neigen. Jedoch bin ich nicht gemeint, für einmal eine ganz bestimmte Ansicht aussprechen zu wollen und möchte nun auch noch die Gründe hervorheben, die für die Ansicht von Golgi sprechen, dass die Dendriten nur Ernährungsapparate der Nervenzellen seien.

Ueberlegen wir diese Hypothese genauer, so ergibt sich in erster Linie unzweifelhaft, dass alle Ausläufer von Nervenzellen bei den

Ernährungsvorgängen und dem Stoffwechsel dieser Zellen in ähnlicher Weise eine Rolle spielen müssen, wie die Ausläufer anderer verzweigter Zellen (Knochenzellen, Bindegewebskörperchen, Pigmentzellen u. a. m.). Eine solche Funktion würde aber die Bedeutung der betreffenden Fortsätze als leitender nervöser Elemente nicht unmöglich machen oder ausschließen und wäre hier vor allem an die motorischen Zellen zu erinnern, die einerseits mit der von ihnen entspringenden motorischen Nervenfaser in chemischer Wechselwirkung stehen, anderseits durch dieselbe auf die Muskeln wirken.

Schwieriger wird die Frage, wenn es sich darum handelt, zu bestimmen, ob gewisse Dendriten eine solche doppelte Funktion haben, andere nicht, und da scheinen denn doch einige Thatsachen mehr oder weniger entschieden gegen die nervöse Natur gewisser derselben zu sprechen, wie vor allem der Umstand, den Golgi entdeckt und Nansen und ich bestätigt haben, dass im Rückenmark viele Ausläufer von Dendriten weit in die weiße Substanz der Stränge sich erstrecken; ja wie bei Myxine bis an die Oberfläche des Markes reichen und mit knopfförmigen Enden ausgehen.

Ein fernerer, Bedenken erregender Umstand ist der, dass in vielen Fällen eine physiologische Verwertung der Dendriten, unter der Voraussetzung, dieselben seien leitende, einerseits erregende, anderseits Erregungen aufnehmende Apparate, kaum oder nur sehr schwer denkbar ist, während allerdings in anderen Fällen solche Beziehungen nahe liegen, wie bereits Ramón und ich selbst andeuteten. So kann man bei den Purkinje'schen Zellen annehmen, dass ihre Dendriten von den nervösen Fortsätzen der Körnerzellen beeinflusst werden, die in so übergroßer Menge die ganze Molekularschicht der Rinde des Kleinhirns durchziehen, und dasselbe gilt von den Zellen des Bulbus olfactorius, die ihre Dendriten in die Glomeruli senden, mit Rücksicht auf die Enden der Fila olfactoria. Auch bei der Netzhaut lässt sich an solche Verhältnisse denken, denn wie sollten die Zellen des Ganglion nervi optici und die großen Spongioblasten, die beide ihre nervösen Fortsätze in den Opticus senden, ihre Erregungen empfangen, wenn nicht durch ihre Dendriten, auf welche die Enden der nervösen Fortsätze der bipolaren Zellen und die Elemente des Geflechtes in der inneren Körnerlage Einwirkungen auszuüben im Stande seien.

Alles zusammengenommen scheint mir alles darauf anzukommen, welche Einrichtungen in bestimmten Gegenden vorliegen, um Uebertragungen zwischen Zellen und Nervenfasern zu vermitteln. In allen den Fällen, in denen die Zellenkörper selbst von den Enden von Nervenfasern dicht umsponnen sind, erscheint es nicht nötig, den Dendriten besondere nervöse Funktionen zuzuschreiben, wie z. B. bei den Zellen der motorischen Kerne im Rückenmark und der Medulla oblongata (hier betone ich vor allem das bekannte dichte Fasergeflecht im Kerne des Hypo-

glossus, das ich ganz in derselben Weise in den Kernen des III., IV., VI., VII. Nerven und im motorischen Kerne des Quintus finde), in den Endkernen der sensiblen Cerebrospinalnerven (dichte Geflechte in den sensiblen Endkernen des V., VIII., IX., X. Nerven), in der Substantia gelatinosa medullae spinalis, in den Clarke'schen Säulen, im Nucleus Fasc. cuneati et gracilis, ferner in der unteren und oberen Olive u. s. w. Wo dagegen keine solchen Beziehungen sich finden und die Zellenkörper mehr frei liegen, ließe sich vielleicht daran denken, dass die Dendriten als zuleitende und ableitende Apparate wirken, wie z. B. bei den Pyramidenzellen der Hirnrinde, in der Netzhaut, im Geruchsorgan, im Cerebellum.

Alles zusammengehalten, so scheint es, dass die Dendriten in der höheren Sphäre des Nervensystems, im Cerebellum und Cerebrum, sowie in gewissen höheren Sinnesorganen eine wichtigere Rolle spielen, als im Marke und in der Medulla oblongata, für welche Auffassung auch noch das sich anführen lässt, dass nach His bei Embryonen schon eine gewisse Zahl von nervösen Funktionen niederen Grades vorhanden ist, noch bevor die Dendriten auftreten, was bei menschlichen Embryonen erst am Ende des zweiten Monates geschieht.

III.

Eine dritte Hauptfrage ist die, ob die Fortsätze der Nervenzellen und die Enden der Nervenfasern irgendwo wirkliche Netze bilden, und wie die Einwirkung der nervösen Elemente aufeinander zu stande kommt.

Diese Frage ist unstreitig eine der schwierigsten, indem in allen den Fällen, in denen nur freie Enden zur Beobachtung kommen, der Einwand möglich ist, dass die eigentlichen Anastomosen durch die angewandten Methoden nicht dargestellt wurden. Immerhin ist soviel sicher, dass in neuerer Zeit, seitdem solche Untersuchungen mit größerer Vorsicht als früher angestellt wurden, niemand bei höheren Geschöpfen mit Sicherheit Netzbildungen der betreffenden Teile wahrgenommen hat und ist namentlich auch Golgi, wie er mir brieflich und mündlich mitgeteilt hat, ganz missverstanden worden, wenn man annahm, dass er das Vorkommen wirklicher Nervennetze behaupte. Auch bei Wirbellosen leugnen Nansen und Retzius Netzbildungen und steht somit jedenfalls diese Angelegenheit so, dass freie Enden von Nervenfasern und Nervenzellenausläufern vielfältig beobachtet, Netze dagegen noch nie mit Bestimmtheit wahrgenommen und von irgend wem demonstriert wurden, was ich auch von den so bestimmten Behauptungen Dogiel's über die Netzhaut sagen zu dürfen glaube, die allerdings mehr Dendriten als Nervenfasern betreffen; denn auch bei dieser sind nirgends Netze nachgewiesen, wie in neuerer Zeit namentlich Golgi, Ramón und ich selbst vor allem für die Purkinje'schen Zellen darthaten.

Hierzu kommt nun, dass in hundert und hundert Präparaten, die ganz vorzügliche Färbungen der feinsten nervösen Elemente und keine Spur von Niederschlägen ergaben, von *Ramón y Cajal* und *mir* im Mark und Gehirn freie Enden von Nervenfasern und deren Collateralen immer in der nämlichen Form beobachtet worden sind, so dass es nicht wohl angeht, auch in diesen Fällen von negativen Ergebnissen zu reden.

Die weitere Frage ist nun die, wie gestalten sich unter diesen Verhältnissen die *Uebertragungen der aufeinander wirkenden Teile*. Hier ergeben sich zwei Möglichkeiten. Entweder *wirken Fasern auf Zellen und Zellen auf Fasern*, oder *es übertragen sich zweitens die Erregungen mit Ausschluss der Zellen direkt von Fasern auf Fasern*. Diese letztere Annahme wird bekanntlich von *Nansen* verteidigt, der die Fibrillengeflechte ausschließlich als übertragende Zentren selbst für die psychischen Vorgänge auffasst, die Zellen dagegen nur als *Ernährungszentren* ansieht und ihnen jede Bedeutung für die nervösen Vorgänge abspricht. Ein *Reflexbogen* besteht nach *Nansen* aus *einer zentripetal leitenden sensitiven Faser*, aus *dem zentralen Fibrillengeflecht als übertragendem Zentrum* und aus *einer zentrifugal leitenden Nervenfaser* (Jen. Zeitschrift, Bd. 21, S. 319, Taf. XIX, Fig. 19 [im Texte fälschlich als 18 bezeichnet] und *Bergen's* Museum Aarsberetning for 1886, p. 164 fg., Fig. 113). Zu dieser eigentümlichen Ansicht und seinem auffallenden Schema, in dem namentlich die Fasern 1 u. 2 ganz willkürlich eingezeichnet sind, scheint *Nansen* durch gewisse Verhältnisse der Wirbellosen, die noch berührt werden sollen, veranlasst worden zu sein. Fasst man dagegen alles, was in unseren Tagen über die feinere Anatomie des Nervensystems bekannt geworden ist, ins Auge, so ergibt sich unzweifelhaft, *dass die Zellen* bei den Funktionen des Nervensystems *die Hauptrolle spielen*. Vor allem ist hier an die Nervenfasern der willkürlichen Muskeln zu denken, die als *unmittelbare Fortsetzungen* der nervösen Fortsätze gewisser zentralen Zellen erscheinen und mit dem zentralen Fasergeflechte der grauen Substanz keinerlei beständige und ausgedehntere Verbindungen eingehen. Denn wenn auch *Golgi* und *Ramón* an diesen nervösen Fortsätzen in gewissen Fällen Seitenästchen gesehen haben, so sind dieselben doch *zu unbeständig* und *zu spärlich*, um beim Zustandekommen der willkürlichen Bewegungen eine Rolle zu spielen. Dasselbe gilt von den motorischen Fasern der unwillkürlichen Muskeln, bei denen (Herz, Darm) andere Einwirkungen als die von Zellen ganz undenkbar sind.

Des weiteren sind von *sensiblen Leitungen* alle diejenigen voll gegen *Nansen* beweisend, die *mit zelligen Elementen beginnen*, wie im Geruchs- und Sehorgan. Die Olfactoriusfibrillen, die

Optikusfasern erhalten ihre Erregungen von den Riechzellen in der Mucosa narium, von den Nervenzellen in dem Ganglion nervi optici, und von Geflechten oder Fasern, die hier direkt, mit Umgehung der Zellen, die äußeren Eindrücke aufnehmen konnten, findet sich keine Spur. Für entschieden gegen Nansen sprechend halte ich ebenso alle die Fälle, in denen Enden von Nervenfasern Nervenzellen umspinnen, wie dies bei den Zellen mit Spiralfasern seit Arnold's ersten Mitteilungen durch viele Beobachter, vor allem durch Arnstein, Smirnow und Retzius bestätigt wurde. Aehnliche Verhältnisse hat vor kurzem Ramón auch bei den Zellen der Spinalganglien beobachtet (Pequeñas comunicaciones anatomicas, 20. Dec. 1890 I), nachdem bereits Ehrlich solche Verhältnisse angedeutet hatte. Hier findet wohl unzweifelhaft eine Einwirkung der einen Faser auf die Ursprungszelle der II. Faser und nicht auf diese selbst statt, wie dies auch von allen oben schon berührten Fällen von Endbüscheln gilt, die motorische und sensible Zellen umspinnen (sensible Endkerne, motorische Ursprungskerne, Oliven).

Alles zusammengehalten, stehe ich nicht an, zu behaupten, dass bei den höheren Geschöpfen von der großen Mehrzahl der Nervenzellen der Satz aufgestellt werden darf, dass dieselben bei den nervösen Funktionen die Hauptrolle spielen und kommen hier auch eigentlich nur die Zellen der Spinalganglien in Frage, bei denen es zweifelhaft erscheinen kann, ob dieselben außer der nutritiven auch noch eine andere Rolle spielen. Wenn jedoch die eben erwähnten Beobachtungen von Ehrlich und Ramón sich als allgemein giltig ergeben sollten, so würde auch bei diesen Zellen eine nervöse Funktion nicht fehlen. Von demselben Standpunkte wie die Wirbeltiere beurteile ich auch die eigentümlichen Verhältnisse der Wirbellosen, die wir am genauesten durch Retzius kennen gelernt haben. Wie oben schon auseinandergesetzt wurde, finden sich bei diesen Geschöpfen vorwiegend unipolare Zellen, die in die sensiblen und motorischen Fasern auslaufen und außerdem eine große Menge von Seitenästen abgeben, welche in der Zentralmasse der Ganglien aufs feinste sich verästeln, ohne Netze zu bilden. Da nun alle Nervenzellen nicht in dem feineren Nervenfilz (Neuropilema, His) ihre Lage haben und keine Zelle von Nervenfasern umsponnen wird, so hat es allerdings den Anschein, als ob hier die Uebertragungen von sensiblen auf motorische Fasern ohne Vermittlung von Zellen, nur durch den Nervenfilz vor sich gehen, wie Nansen erwies. Derselbe hat jedoch nicht beachtet, dass jeder Reiz, der eine motorische Faser trifft, nicht, wie er behauptet, sofort zentrifugal verläuft, sondern nach beiden Richtungen sich verbreitet. Somit müssen bei allen Erregungen der motorischen Faserenden im Nervenfilz auch die motorischen Zellen getroffen werden und steht nichts im Wege, eine Beteiligung derselben auch beim Zustandekommen der Reflexe anzunehmen, wie eine

solche ja ohne weiteres bei den willkürlichen Bewegungen angenommen werden muss.

Alles zusammengenommen *leugnen* wir somit keineswegs die *Möglichkeit von Uebertragungen von Nervenfasern auf Nervenfasern,* sondern nur das *Vorkommen von solchen Uebertragungen ohne Beteiligung von Zellen.* Wenn die oben gegebenen Schilderungen richtig sind, so müssen solche Uebertragungen auch in den Glomeruli olfactorii, in der Rinde des Cerebellums und wohl noch an anderen Orten sich geltend machen, in welchen Fällen aber immer Zellen mitbeteiligt sind.

Stelle ich nun zum Schlusse die Ergebnisse der ganzen Betrachtungen zusammen, so finden wir folgendes:

1. *Alle Nervenfasern entspringen von Zellen und sind die Bildungen, die bisher für Ursprünge in einem Fasernetze gehalten wurden, nichts als Endverästelungen sensibler Elemente.*

Die Ursprünge selbst finden statt:

a) *von zentralen Zellen*
   1) bei den motorischen Cerebrospinalfasern,
   2) bei den motorischen Elementen des Sympathicus,
   3) bei allen zentrifugal wirkenden Fasern der Zentralorgane (Pyramidenbahnen, *Purkinje*'schen Zellen, psychomotorische Bahnen),
   4) bei den meisten sensiblen peripherischen Leitungen,
   5) bei allen zentripetal wirkenden Fasern höherer Ordnungen (Kleinhirnseitenstrangbahn, Vorderstranggrundbündel, Seitenstrangreste, Schleifenbahnen u. s. w., psychosensorische Bahnen u. s. w.).

b) *von peripheren Zellen.* Bei den Fasern der Fila olfactoria.

2. *Die Nervenzellen besitzen zum Teil nur einerlei, zum Teil zweierlei Fortsätze, nervöse und protoplasmatische oder Dendriten.*

3. *Die nervösen Fortsätze finden sich der Zahl nach:*

a) *in der Einzahl* — alle Zellen des Rückenmarks und die meisten des Gehirns, die der Spinalganglien der höheren Geschöpfe, viele des Sympathicus,

b) *zu zweien* — Spinalganglien der Fische, Acusticusganglien, Olfactorius der Haie (*Leydig*), Zellen der Hirnrinde des Kaninchens (*Ramón y Cajal*),

c) *zu vielen* — Sympathische Ganglien, Ganglien der Wirbellosen zum Teil.

4. *Bezüglich ihres Verlaufes unterscheiden sich die nervösen Fortsätze in solche, die nach kürzerem oder längerem Verlaufe in zentrifugal oder zentripetalleitende*

Nervenfasern übergehen und in andere, die in zahlreiche feine Endäste sich auflösen.

5. Möglicherweise kommen Nervenzellen vor, die gar keine sogenannten nervösen Fortsätze, nur Dendriten besitzen.

6. Die Dendriten scheinen bei gewissen Nervenzellen (höhere Sinnesorgane, Gehirn zum Teil, Cerebellum) nervöse Funktionen zu haben, während in anderen Fällen (somatische Sphäre des Nervensystem) sie derselben vielleicht ermangeln. In allen Fällen aber stellen dieselben Bildungen dar, die eine nutritive Verrichtung besitzen.

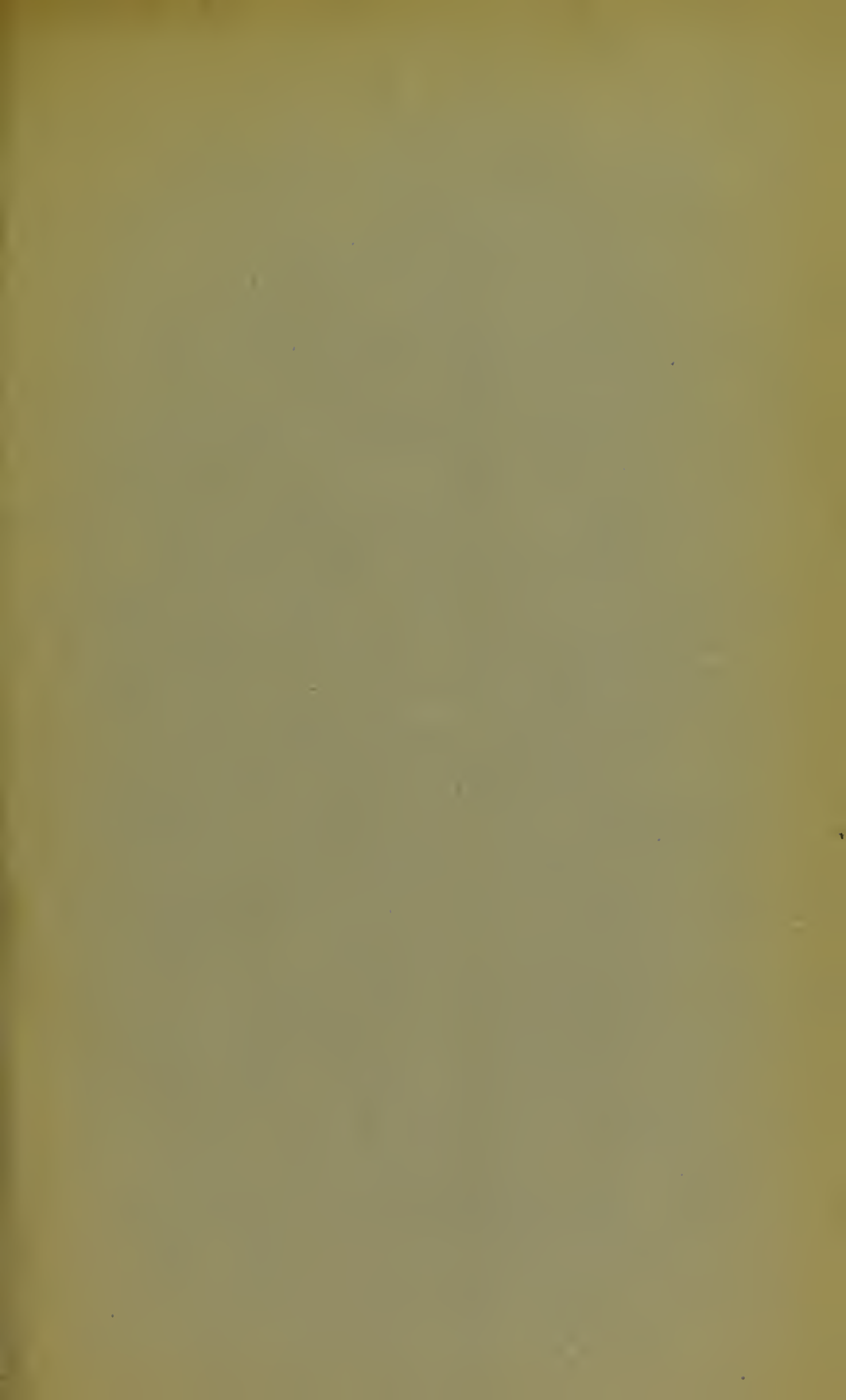
7. Alle Ausläufer von Nervenzellen, protoplasmatische ebensogut wie nervöse, enden frei, ohne Anastomosenbildung und finden daher alle Uebertragungen von Fasern auf Zellen und umgekehrt und von Fasern auf Fasern nur durch Kontakt statt.

8. Die Nervenzellen sind ebensogut wie die Nervenfasern wirksame Elemente des Nervensystems und ist sogar aller Grund vorhanden, die höheren nervösen Funktionen, die Empfindung, die motorischen Impulse und die psychischen Funktionen einzig und allein in sie zu verlegen.

Von diesen Sätzen betrachte ich durchaus nicht alle als gesichert und werden vor allem die Ursprungs- und Endigungsweisen der Nervenfasern, die Frage nach den Nervennetzen und der Bedeutung der Protoplasmafortsätze weiter zu prüfen sein. Wenn man übrigens erwägt, welche Errungenschaften die letzten Dezennien in diesem schwierigen Gebiete aufzuweisen haben und welche große Zahl umsichtiger, eifriger und glücklicher Forscher auf demselben thätig sind, unter denen die Namen von Ehrlich, Flechsig, Golgi, His, Lenhossék, Nansen, Retzius, Ramón y Cajal und Weigert vor allem hervorleuchten, so ist die Hoffnung wohl berechtigt, dass unsere Kenntnisse der feineren Anatomie des Nervensystems je länger, umsomehr sich klären und der Physiologie und Pathologie eine immer sicherere Basis gewähren werden.

Druck der kgl. bayer. Hof- und Univ.-Buchdruckerei von Fr. Junge (Firma: Junge & Sohn in Erlangen).





K. b. Hof- und Universitäts-Buchdruckerei von Fr. Junge (Junge & Sohn), Erlangen.